



Analyse de l'interaction experts – informaticiens lors de la modélisation de connaissances spatiales

Florence Le Ber, Christian Brassac, Jean-Luc Metzger

► To cite this version:

Florence Le Ber, Christian Brassac, Jean-Luc Metzger. Analyse de l'interaction experts – informaticiens lors de la modélisation de connaissances spatiales. 13èmes Journées francophones sur l'ingénierie des Connaissances - IC'2002, 2002, Rouen, France, 10 p. inria-00107552

HAL Id: inria-00107552

<https://hal.inria.fr/inria-00107552>

Submitted on 19 Oct 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Analyse de l'interaction experts – informaticiens lors de la modélisation de connaissances spatiales

F. Le Ber^{*}, C. Brassac[†] & J.-L. Metzger^{*}

^{*} UMR 7503 LORIA, BP 239, F-54506 Vandœuvre-lès-Nancy cedex
{leber,metzger}@loria.fr

[†] CODISANT, LPI-GRC, Université Nancy 2, BP 3397, F-54015 Nancy cedex
brassac@univ-nancy2.fr

Résumé

Cet article rend compte d'un travail interdisciplinaire autour de la conception d'un système à bases de connaissances pour l'agronomie. Une des séances d'acquisition de connaissances entre agronomes et informaticiens a été filmée et fait l'objet d'une analyse par des psychologues des processus cognitifs. La séance porte sur l'écriture d'organisations spatiales agricoles sous forme de graphes auxquels sont associés des explications. L'article présente tout d'abord le contexte de ce travail et la situation qui a été filmée. Puis nous proposons une analyse d'une séquence interactionnelle en mettant en avant le rôle des inscriptions dans les décisions prises par les acteurs. Enfin nous présentons les premiers éléments du système à bases de connaissances en conception.

Mots clef : acquisition de connaissances, agronomie, conception collaborative, conversation, psychologie de l'interaction, systèmes à bases de connaissances, traçage.

Thème : approches cognitives et activités des opérateurs.

1 Introduction

Les équipes de recherche de l'INRA SAD (Systèmes Agraires et Développement) étudient l'activité agricole dans ses rapports à la gestion de l'espace rural et des enjeux environnementaux : protection des nappes ou des eaux de surface, gestion de l'embroussaillage, entretien des paysages, etc. Leurs travaux portent sur l'analyse des organisations spatiales des exploitations agricoles dans différentes régions. L'objectif est d'extraire des règles générales de localisation des activités agricoles qui définissent le cadre dans lequel les exploitants peuvent prendre en compte les nouveaux enjeux environnementaux.

Pour élargir et généraliser le champ de ce travail, un projet interdisciplinaire s'est constitué dans lequel informaticiens et agronomes collaborent. Le but est de développer un système à bases de connaissances qui permette de stocker et de comparer les données et connaissances sur les exploitations agricoles étudiées afin de progresser dans l'analyse et l'extraction de règles. Le modèle du raisonnement à partir de cas (RàPC) [12] a été adopté : notre hypothèse est que chaque

exploitation – ou partie d'exploitation – étudiée constitue un "cas", et que les agronomes génèrent les règles en comparant les différentes exploitations et en adaptant les connaissances acquises des unes aux autres avant de généraliser. Par ailleurs, on se place dans le cadre du raisonnement spatial qualitatif [19] pour représenter et manipuler les informations qui concernent l'organisation spatiale des exploitations agricoles.

Ce projet de système à bases de connaissances s'est orienté pour le moment sur deux questions principales, celle de la modélisation des connaissances et des cas à représenter dans le système, et celle du choix d'un formalisme de représentation. Nous traitons ici de la première question, qui a été l'objet d'un travail commun entre les agronomes et les informaticiens au cours de différentes séances d'acquisition de connaissances depuis deux ans. Ces séances ont mis en jeu à la fois des chorèmes – représentations construites par les agronomes pour schématiser l'organisation spatiale et fonctionnelle des exploitations agricoles [10] – et des graphes – utilisés par les informaticiens pour modéliser les structures spatiales. Le passage de l'un à l'autre est un moyen de mettre à jour et de formaliser les connaissances des agronomes à propos des exploitations étudiées. Ces séances s'organisent classiquement comme un entretien ouvert s'appuyant sur les représentations graphiques. Le modèle construit (le graphe) résulte de la collaboration des deux parties comme décrit dans [8].

Dans cet article nous traitons d'une séance particulière à deux points de vue. D'une part elle a été filmée afin de donner lieu à une analyse par des psychologues des processus intersubjectifs qui s'y déploient. D'autre part, au cours de cette séance, la connaissance d'un agronome est interrogée par un informaticien et par un agronome travaillant sur un autre terrain ; conjointement ils modifient un chorème initialement présent et construisent un graphe. On a là un double travail cognitif collaboratif : une *reconception du chorème* et une *conception du graphe*. La thèse qui est à l'origine de la mise en situation caractérisée par une co-présence des acteurs, des documents, des instruments et des supports de traçage est la suivante : les productions cognitives (qu'elles soient dites ou écrites), les prises de décision sont générées par une négociation de sens continue. Cette négociation porte sur la valeur sémiologique d'une part des segments langagiers proférés par les uns et les autres et, d'autre part, des

divers graphismes mobilisés au cours du travail (chorématique ou ‘graphique’). L’analyse de l’histoire de l’intrication des actions langagières, microgestuelles et de traçage permet d’atteindre le moteur intersubjectif qui conduit à la re-conception du chorème et à la conception du graphe. Dans cet article nous nous intéresserons exclusivement à cette dernière qui aboutit à un résultat dont nous montrerons qu’il est l’objet d’une co-construction, dont les différents acteurs sont co-responsables. Pour d’autres analyses de ce type le lecteur peut se reporter à [2, 3, 9].

Notre objectif est de montrer en quoi la phase d’acquisition de connaissances est un moyen pour avancer dans la formalisation des connaissances et des outils (ici le chorème) manipulés par les agronomes et en quoi le modèle construit par les informaticiens (ici le graphe) résulte de l’interaction entre les différents acteurs. Dans le cadre de cet article, nous nous focaliserons sur ce dernier point. Nous exposerons dans un premier temps le projet informatique dans le cadre duquel nous avons travaillé. Nous présenterons ensuite une analyse du corpus interactionnel qui mettra à jour la co-responsabilité des acteurs dans la construction d’une irréversibilité dans une décision terminologique. Avant de conclure, nous reviendrons sur le modèle informatique en considérant la pertinence d’une telle mise en situation (co-présence des acteurs et mobilisation des documents et instruments) relativement à la construction de la base de cas et de la base de connaissances du système.

2 Cadre

2.1 Un système à bases de connaissances

Les informaticiens interviennent pour construire un système à bases de connaissances, dénommé ROSA¹, qui permette de représenter et d’exploiter de façon automatique l’ensemble des données et connaissances sur les exploitations agricoles enquêtées et étudiées par les agronomes. Ces données et connaissances sont de différents types : données d’enquêtes, chiffres, cartes, synthèses écrites et graphiques. Le système envisagé est un système de RàpC : il sera composé d’une *base de cas* constituée des données et connaissances sur les exploitations enquêtées (chaque exploitation enquêtée constitue un *cas*), d’une base de connaissances sur le domaine et d’un module de raisonnement à partir de cas. Les objectifs de ce module sont de comparer et d’adapter les connaissances liées à un cas (par exemple une exploitation *source*, dont on connaît à la fois la structure spatiale et le fonctionnement) à un autre cas (une exploitation *cible* dont on ne connaît que la structure). La comparaison est établie sur des mesures de similarités entre les structures spatiales et l’adaptation permet de proposer une logique de fonctionnement à l’exploitation *cible* à partir de la logique de fonctionnement de l’exploitation *source* en s’appuyant sur la simi-

larité entre les structures spatiales. L’hypothèse sous-jacente peut s’exprimer ainsi : *le fonctionnement de source est au fonctionnement de cible ce que la structure de source est à la structure de cible* (voir [14]).

Pour concevoir ce système, nous avons étudié différents outils de représentation de connaissances possibles, tels que les graphes conceptuels, les systèmes de représentation de connaissances par objets ou les logiques de descriptions [11, 17, 15]. Nous avons opté pour une logique de descriptions, qui se prête le mieux, à notre sens, à la représentation et à la manipulation de relations et de structures complexes. Toutefois, pour la phase d’acquisition des connaissances, nous avons choisi d’utiliser le formalisme des graphes, car il nous a semblé particulièrement adapté à la modélisation de structures spatiales. Notre approche est voisine de celle utilisée dans [14], où les graphes sont utilisés pour modéliser des molécules dans le cadre d’une application en chimie organique.

2.2 Acquisition de connaissances

La phase d’acquisition de connaissances s’est déroulée principalement en travaillant sur des schémas synthétiques représentant l’organisation spatiale et fonctionnelle des exploitations agricoles. Ces schémas contiennent les éléments principaux que les agronomes ont extrait des données sur les exploitations agricoles. Ils sont construits de manière systématique (ou supposée telle), grâce à un ensemble de motifs de base, les chorèmes, définis par les géographes pour modéliser le fonctionnement de territoires [4]. Par simplification, nous appelons également chorème le schéma résultant qui concerne une exploitation agricole. Un exemple est présenté sur la figure 1 : il s’agit d’une exploitation de polyculture-élevage lorraine ; sont représentés l’environnement de l’exploitation (routes, ruisseau, bois, ville) et les différentes parcelles ou groupes de parcelles qui constituent son territoire.

Les informaticiens ont travaillé en présence des agronomes pour modéliser l’organisation spatiale des exploitations sous forme de graphes, en partant des chorèmes. L’intérêt des chorèmes est qu’ils contiennent une information essentielle et déjà modélisée. Ils permettent donc d’aller plus vite vers un modèle implantable. De plus ils sont supposés exprimer le lien entre organisation spatiale et fonctionnement, lien qui est l’objet principal du système ROSA à construire.

L’intérêt des graphes, quant à eux, réside ici principalement dans leur représentation graphique (par opposition au système de représentation et de raisonnement sous-jacent), qui permet de représenter naturellement des structures spatiales, et qui peut donc être un outil de modélisation à la fois pour les agronomes et les informaticiens. Dans le cadre de notre projet, nous avons utilisé un formalisme inspiré des graphes conceptuels [18, 6]. Un graphe est composé

1. ROSA pour Raisonnement sur des Organisations Spatiales Agricoles.

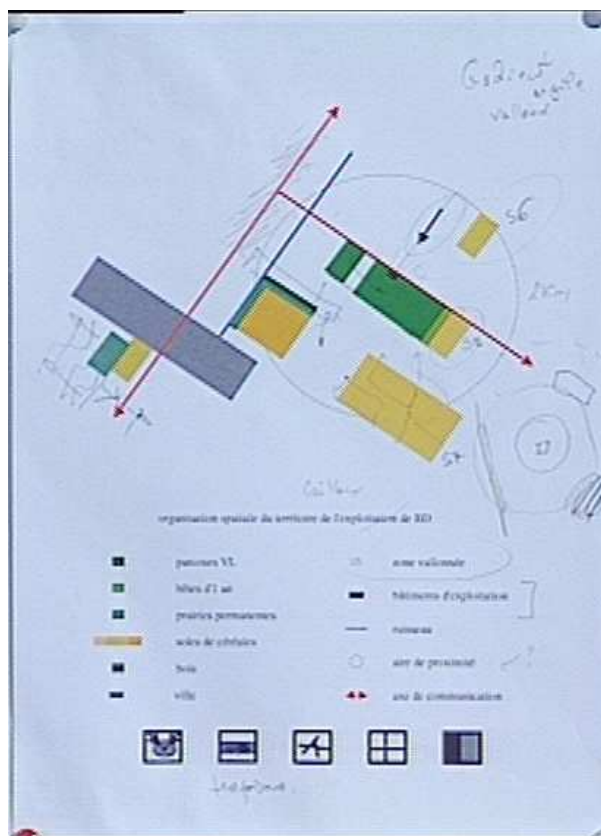


FIG. 1 – Représentation chorématique d'une exploitation agricole en Lorraine.

de deux ensembles de sommets, l'un représente des entités, l'autre des relations. Les sommets-entités et sommets-relations peuvent être regroupés en concepts auxquels sont associés des attributs. Les arêtes du graphe sont étiquetées par le rôle² des entités dans la relation. Nous utilisons les graphes pour modéliser les chorèmes en supposant que :

- les objets du chorème peuvent être modélisés par les sommets-entités d'un graphe,
- les caractéristiques de ces objets (formes et légendes associées) peuvent être décrites par des attributs associés aux concepts,
- l'arrangement des objets peut être représenté par les sommets-relations d'un graphe.

Par exemple, le graphe de la figure 2 représente une partie du chorème de la figure 1 : bois₁, herbe₁, céréales₁ et bâtiments₁ sont des sommets-entités, isole₁ et est-proche₂ sont des sommets-relations, proche, isolant et isolé indiquent respectivement les rôles des entités dans les relations est-proche₂ et isole₁.

Pour le moment, les graphes sont utilisés dans le cadre d'une modélisation "papier", où le papier est un support commun aux informaticiens et aux agronomes. Ultérieurement, le système sera doté d'une interface de type UML [1]

permettant la saisie directe du graphe correspondant au chorème d'une exploitation.

2.3 Une mise en situation

Sous nos caméras, trois sujets travaillent conjointement, deux agronomes (**M1** et **M2**) et un informaticien (**I1**). En début de séance ils ont sous les yeux un chorème réalisé par **M1** (figure 1)³. Chacun d'entre eux a à sa disposition des feuilles de papiers A4 et des instruments de traçage (crayon et stylo feutre) et de gommage. Un ensemble de documents relatifs à l'exploitation agricole dont le chorème est une représentation sont là, immédiatement accessibles (cartes et autres chorèmes). Une double tâche les occupe pendant la séance : la modification méliorative du chorème et la réalisation du graphe.

La première tâche s'appuie sur une "lecture" faite par **M2**, qui dit son interprétation du chorème. **M2** développe cette activité de commentaire et d'analyse en se fondant sur sa connaissance de la systématique chorématique. Le jeu de confrontation entre les interrogations exprimées par **M2** et les réponses fournies par **M1** conduit à la production de croquis et à l'écriture d'énoncés sur les feuilles personnelles

2. Ici rôle est pris dans le sens des logiques des descriptions, c'est-à-dire comme une relation entre deux concepts.

3. Une autre séance a eu lieu dans les mêmes conditions l'après-midi autour d'un chorème réalisé initialement par **M2**.

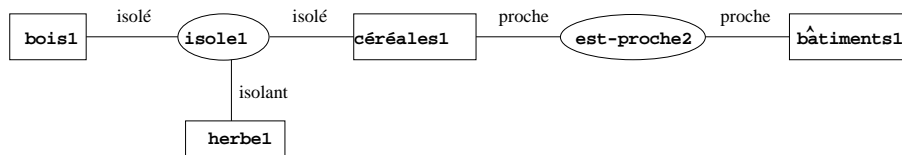


FIG. 2 – Graphe associé à une partie du chorème de la figure 1.

des deux agronomes. Il conduit également à des modifications concrètes du chorème, tracées soit par **M1** soit par **M2**. La dite *reconception du chorème* s’actualise donc dans des traçages, au crayon de papier, sur le chorème initial.

La seconde tâche est effectuée dans le même temps par **I1** qui écoute les dires de **M1** et **M2**, intervient dans leur conversation, interroge la lecture que fait **M2** du chorème ainsi que les réponses données par **M1**, pointe avec son crayon sur le chorème et a une intense activité de traçage sur ses feuilles personnelles (figure 3). La première qu’il remplira est une sorte de vocabulaire à usage individuel où il listera les sommets-entités du graphe à venir. Par exemple il notera L_1 pour l’objet ‘ruisseau’⁴. La deuxième porte un premier sous-graphe (SGr1) ; il correspond à la partie du chorème situé au delà du grand rectangle gris (qui représente une ville, à gauche sur la figure 1). Il inscrit sur la troisième le sous-graphe (SGr2) relatif à l’autre zone, proche des bâtiments de l’exploitation, et dont la place est prévue sur le premier sous-graphe. La dite *conception du graphe* conduit donc à un traçage, concrètement réalisé par le seul **I1**, sur ses feuilles personnelles.

C’est à une partie de cette seconde tâche que nous allons nous intéresser. Elle possède en effet la caractéristique suivante : elle donne lieu à une négociation sur l’usage de termes qui qualifient une relation entre entités spatiales. L’interaction conduit à un choix, non univoque, localement validé (le terme ‘isole(tampon)’ dont le traçage par **I1** a une histoire qui révèle la dynamique décisionnelle. Nous étudierons en effet comment l’intrication des actions langagières et des actions scripturales conduit finalement à ce choix. Pour ce faire, nous aurons besoin d’analyser l’engendrement de la décision en nous appuyant à la fois sur l’enchaînement conversationnel et sur la succession des activités microgestuelles (traçage, biffage, gommage). À cet effet, nous avons à notre disposition un support vidéo sur lequel nous avons simultanément le plan de la table de travail (filmé grâce à une caméra placée au plafond) et le plan large du groupe (filmé grâce à une caméra placée face aux acteurs). Les feuilles personnelles et la feuille supportant le chorème sont aussi en notre possession, dans leur état final.

4. Nous utilisons les ‘guillemets’ pour les inscriptions sur papier, les « guillemets » pour les énoncés proférés et les caractères *suyvants* pour les sommets des graphes.

3 Analyse d’une interaction

L’étape de la conception du graphe que nous allons examiner concerne la partie du chorème qui se présente *grosso modo* comme un carré isolé, formé de trois couleurs (jaune, vert clair et vert foncé) et qui est peu éloigné du rectangle gris représentant la ville (figure 1). Nous le nommerons dans ce texte le *carré-céréales*. Il s’agit d’une parcelle de céréales qui est limitée par une bande d’herbe, elle-même bordée d’une part par un ruisseau et d’autre part par un bois. **I1** doit rendre compte de cette configuration sur le graphe qu’il élabore. Il est donc amené à choisir un nom pour les sommets-entités et pour les sommets-relations. Nous nous intéresserons ici au choix terminologique des relations.

Pour ce faire, nous allons tout d’abord brosser l’histoire interactionnelle de cette décision. Elle se déploie de façon non continue au cours de la séance. Elle se réalise dans une double activité cognitive : les acteurs parlent et écrivent. L’articulation des deux types de production de segments sémiotiques n’est pas du tout linéaire. Les modalités d’action s’inscrivent à la fois dans l’intersubjectivité et dans la matérialité qui fait la situation de travail. C’est ce type d’observations que nous allons détailler dans un second temps. Nous terminerons en insistant sur le caractère co-construit de cette décision locale. Nous montrerons qu’elle échappe à la seule intention formalisatrice de l’informaticien ou à l’unique connaissance de la configuration chorématique des agronomes en établissant qu’ils sont co-responsables du choix terminologique.

3.1 Histoire interactionnelle du choix de la dénomination ‘isole(tampon)’

La question de ce *carré-céréales* est abordée en plusieurs étapes au cours de la séance qui dure une heure et trente minutes. Et ce, sur les deux modalités orales et scripturales. Ces étapes se situent aux minutes 7, 18, 30 et 43. Elles ont toutes leur importance dans le processus de négociation autour des différents termes disponibles mais le cadre étroit de ce papier nous contraint à ne détailler que l’une d’entre elles. Nous nous focaliserons sur la quatrième étape car elle constitue le moment où l’interaction entre agronomes et informaticien condense le choix qui vient simultanément s’inscrire dans la matérialité concrète du graphe. Voyons tout d’abord rapidement le déroulement global de la négociation autour de ces

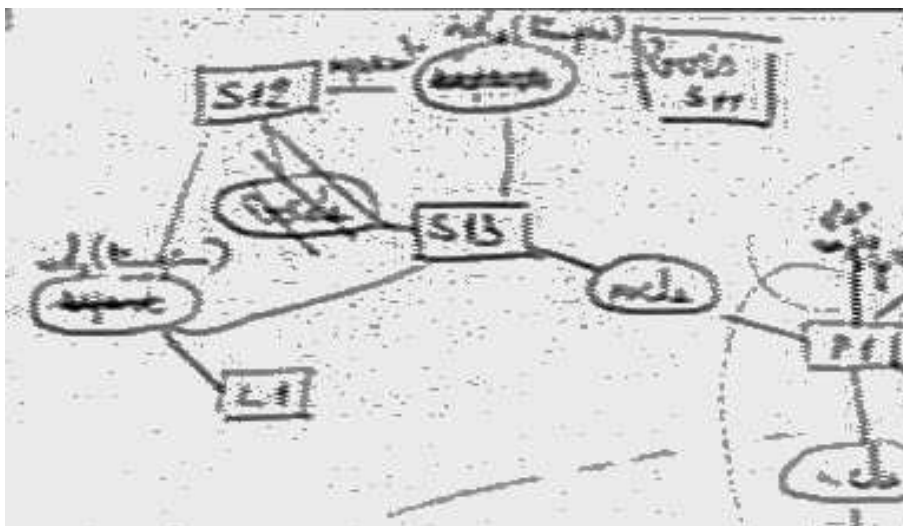


FIG. 3 – Feuille personnelle de **I1** représentant le sous-graphe SGR2 (partie).

termes (tableau 1).

À l'étape 1, **M2** qui est en train d'exprimer oralement l'interprétation qu'il fait du chorème réalisé par **M1**, prononce les termes « bordure », « séparé » et « tampon ». Pendant ce temps **I1** élabore son vocabulaire ; c'est-à-dire qu'il donne un nom aux sommets-entités du graphe à venir. Pour cette partie du chorème, il note sur sa feuille personnelle S_{11} pour l'objet 'bois', S_{12} pour la 'bordure en herbe' et S_{13} pour l'objet 'céréales carré'. Il n'inscrit rien qui renvoie aux sommets-relations du graphe⁵. On remarquera cependant que le nom donné à S_{12} , qui est un sommet-entité, est déjà empreint de caractéristique relationnelle : le terme 'bordure' inclut d'une certaine façon la fonction de séparation, d'entourage, de protection !

À l'étape 2, **M2** prononce le terme « tampon » en se référant plus particulièrement au rapport de la parcelle de céréales avec le bois. Ceci conduit **M1** à modifier le chorème. Il trace une extension du rectangle représentant le bois au motif que ce bois n'est pas la propriété de l'exploitant. Il s'agit là du premier geste de reconception (visible sur la figure 1).

À l'étape 3, **I1** qui est en train d'élaborer le sous-graphe SGR2 correspondant à la zone proche des bâtiments de l'exploitation, aborde la représentation de la configuration qui nous intéresse. Il le fait sans parler, alors que les agronomes discutent d'autres caractéristiques du chorème. Il réalise cette partie du graphe progressivement, avec de longues plages de réflexion entre les différents sommets. Il écrit par exemple 'borde' (qui relie S_{12} à S_{13}) puis 'sépare' (entre S_{12} et L_1 , le ruisseau, et entre S_{12} et S_{13}). Le biffage de 'borde', que l'on voit très nettement sur la figure 3 survient après qu'il a saisi la gomme pour l'effacer et qu'il s'est ravisé pour finalement rayer le terme. À ce moment, les deux 'sépare'

sont clairement notés.

À l'étape 4, **I1** déclare qu'il rencontre une diffi culté (« moi j'ai un problème »). Il faut noter qu'à cet instant il n'a pas encore interagi avec les deux agronomes à propos de ce *carré-céréales*. Le traitement interactionnel de cette diffi culté donne lieu à une négociation qui aboutira à l'apparition du terme « isole », non encore utilisé, et à un traçage modifié que nous allons maintenant analyser.

3.2 L'inscription comme irréversibilité locale

Comme nous l'avons dit au paragraphe 2.2, un graphe est composé de sommets-entités et de sommets-relations, ces derniers rendant compte de l'arrangement des objets du chorème. C'est la qualification d'un sommet-relation qui pousse **I1** à intervenir. Dans la procédure qu'il a choisie, les deux sous-graphes SGr1 et SGr2 sont reliés par un sommet-relation *sépare* pour signifier que les deux zones de l'exploitation sont *séparées* par la ville (le rectangle gris) qui fait obstacle à la circulation. À ce moment de la séance, SGr1 est terminé et **I1** vient de passer un long moment à tracer SGr2 ; il vient de traiter le cas du *carré-céréales*. Pour cette dernière configuration, **I1** utilise aussi un sommet-relation *sépare*. Ceci ne le convainc pas et c'est ce qui provoque son intervention. Au long de la discussion qui s'engage à propos de la relation qui met en jeu les sommets-entités S_{11} , S_{12} , S_{13} et L_1 , **M2** regarde le chorème (qui a été modifié un peu plus avant) et SGr2 (qui est en cours d'élaboration) ; **I1** regarde aussi le chorème et, crayon à la main, agit sur SGr2. L'échange conversationnel⁶ enrichi de la mention des traçages est présenté au tableau 2.

5. C'est la raison pour laquelle nous ne mentionnons pas cette action d'écriture dans le tableau qui ne concerne que la mobilisation de segments langagiers relatifs aux relations.

6. On adopte les symboles suivants : // pour une coupure de parole, (.) pour une courte pause et (ns) pour une pause de n secondes.

Lorsque cet échange débute, **I1** a inscrit deux ‘sépare’ ; un concerne la relation ternaire entre S_{12} , S_{13} et L_1 , l’autre la relation ternaire entre S_{12} , S_{11} et S_{13} . La question que soulève **I1** est que cette séparation n’a pas le même statut que celle associée à la ville qui est quant à elle un obstacle. La parcelle S_{12} ne constitue pas un obstacle entre S_{11} et S_{13} par exemple : elle est le résultat d’une « pratique de mise en herbe » comme le dit **M2** en M2,5.

Une des fonctions de cet échange est que les deux acteurs s’accordent à propos de la nécessité (au niveau du graphe conceptuel) de choisir deux termes différents. De nombreuses traces langagières montrent l’assentiment de **M2** sur ce besoin de dénomination : la quadruple énonciation d’un « ouais » ou d’un « oui » (en M2,1, M2,2 et M2,4) ; l’usage de l’adversatif « alors que » associé à un pointage sur les deux endroits du chorème (en M2,5) ; l’exposition de raisons liées au mode d’exploitation par l’agriculteur suivie d’un « donc » conclusif qui conduit à l’usage du verbe modal falloir conjugué au présent de l’indicatif (en fin de M2,5) ; le rire qui sanctionne son incapacité déclarée à trouver un terme adéquat (M2,6). **I1** acquiesce à l’exposé de **M2** et pérennise cette décision qui est de renoncer au terme ‘sépare’. Il le fait en biffant deux fois les deux occurrences du terme. Une première fois alors que **M2** évoque un « autre terme » (en I1,3) ; une deuxième fois, avec un double trait cette fois-ci, lorsque **M2** a terminé son argument (en I1,7). Cette pérennisation par traçage de la décision produit une irréversibilité, en tout cas à cet instant, dans le processus de négociation. Ce dernier n’est cependant pas abouti car le terme alternatif reste à trouver. Dans cette première partie de l’interaction, on peut dire que **M2** et **I1** ont conjointement décidé d’abandonner le ‘sépare’, **M2** agissant oralement, **I1** parlant et produisant une trace. Cela dit, au cours de cette étape de la conversation, **I1** propose déjà un terme : « isole ». Lorsqu’en I1,2, il dit « ou i// alors c’est peut-être pas elle sépare... » on peut supposer qu’il censure dans un premier temps sa proposition (en s’arrêtant à la profération de la seule première syllabe « i ») ; en tout cas il fait la proposition en fin d’intervention : « ... peut être isole ». L’histoire de cette proposition est bien intéressante. C’est en I1,4 que l’informaticien la réitère, sous la même forme exactement « peut-être isole ». Accompagnant la démonstration de l’agronome, il suggère à nouveau son idée en la modalisant un peu plus (I1,6 « isole ça peut être une idée ça peut »). Elle n’est pas validée par **M2** qui dit « zone tampon » puis « tamponne ». Remarquons que ce « zone tampon » avait été utilisé aux deux premières étapes (36 et 25 minutes plus tôt) par **M2** et **M1**. La transformation en « tamponne » (qui n’est syntaxiquement pas très adaptée puisqu’il s’agit d’un verbe d’action) est inédite dans cette séance. **I1** la reprend en I1,7 ce qui convient aux deux agronomes qui acquiescent. Elle ne semble cependant pas convenir à **I1** qui dans un second temps la réénonce en réintroduisant sa proposition initiale. Oralement il avance « isole tamponne ». Ce faisant, il réalise une sorte de synthèse entre lui et ses interlocuteurs. Sur un plan non langagier, cette synthèse est mise à mal. Il inscrit en effet, juste après avoir re-

formulé le compromis, ‘isole(tampon)’. La mise entre parenthèses est claire, elle subordonne l’idée de tampon à celle d’isolement. Autrement dit, à l’écrit il réinstalle sa propre proposition en position première. Il poursuit en énonçant un verbe lui aussi inédit dans l’échange « protège ». Verbe qui a le grand avantage de condenser les deux idées en concurrence, l’isolement et le tamponnage. C’est peut-être ce qui fait que les deux agronomes qui ont vu l’inscription, ne manifestent pas de désaccord à son endroit.

Il est vrai qu’il n’y a pas de trace positive, au plan langagier, de l’acceptation de la proposition qui ressort finalement de cet échange. Reste qu’au plan scriptural, il y a une trace pérenne qui est le témoin de la part labile de l’interaction, l’enchaînement conversationnel. Avant que **I1** dise la difficulté qu’il rencontre, deux ‘sépare’ sont inscrits pour sommets-relations. À la fin de cette discussion, ces deux ‘sépare’ sont biffés et de plus, deux ‘isole(tampon)’ sont inscrits (voir figure 3). L’interaction aura produit une altération du monde de la négociation. On a là une irréversibilité, même provisoire (le traçage est effectué au crayon de papier et rien n’empêche les acteurs de revenir sur cette décision) qui relève d’une décision fondamentale pour la conception du graphe conceptuel. Un élément nous permet de dire que ces acteurs sont parvenus à un accord sur ce point. Dix minutes plus tard, **I1** revient sur cette inscription : « moi le fait de mettre un mot comme isole (.) derrière j’y mets j’y mets une idée... ». Alors qu’il dit « isole », il pointe très précisément, avec un mouvement d’aller et retour du crayon, sur une des inscriptions ‘isole(tampon)’. **M1** et **M2** regardent son geste et **M2** approuve oralement.

4 Résultats pour le modèle informatique

À la suite de plusieurs séances de travail entre agronomes et informaticiens, telles que celle décrite ci-dessus, nous avons pu constituer progressivement une base de cas et une base de connaissances pour le système ROSA. La base de cas contient des graphes représentant des chorèmes d’exploitations et des éléments explicatifs sur leur fonctionnement. La base de connaissances contient les concepts du domaine. L’une et l’autre ont été construites au moyen de la transformation des chorèmes en graphes et du questionnement des connaissances agronomiques qui en découle. Ainsi, du point de vue de la construction du système, la transformation des chorèmes en graphes se décline en trois étapes :

1. dénomination des sommets-entités, définition des sommets-relations, fixation des arêtes et des rôles entre relation et entités ; acquisition d’éléments explicatifs sur le fonctionnement des exploitations agricoles.
2. catégorisation des sommets-entités : définition des attributs, construction et hiérarchisation des concepts.
3. catégorisation des sommets-relations.

La première étape a lieu en présence des agronomes et donne lieu à des discussions telles que celle présentée ci-dessus. Les deux étapes suivantes s'effectuent en dehors des séances d'acquisition et leur résultat est soumis aux agronomes. Un de nos objectifs est de développer une interface au système ROSA qui permette de regrouper ces différentes étapes. C'est-à-dire que les agronomes pourraient parallèlement décrire un chorème d'exploitation par un graphe et construire les concepts correspondants. Ainsi la base de cas et la base de connaissances du système seraient enrichies simultanément. Dans l'état actuel le modèle dont nous traitons ci-dessous est un modèle conceptuel. L'implantation est en cours dans un système de logiques de descriptions [16].

4.1 Dénomination des entités et des relations

La première étape est l'identification des objets du chorème et la détermination des relations qui lient ces objets. La lecture du chorème et de sa légende permet *a priori* d'isoler facilement les principales unités du dessin. Par exemple, sur la figure 1 on distingue différents objets rectangulaires qui sont des parcelles d'exploitation, une ville ; on distingue également des objets linéaires : deux routes, une rivière, etc. Toutefois, certains objets nécessitent des explications. Ainsi, à propos du rectangle de céréales en bas à droite de la figure 1, qui représente un bloc de parcelles, **M1** dira : « pour des questions d'organisation du travail, toutes les parcelles qui sont dans un même secteur, ce que j'appellerai bloc entre guillemets, il fait la même chose dessus » (**M1**, 12'30). Le travail de reconception conduira d'ailleurs à redessiner cet objet [5].

En ce qui concerne les relations, il s'agit de choisir, parmi toutes les relations spatiales possibles (et implicites) entre les différents objets du chorème, celles qui ont du sens. Ainsi, dans l'exemple décrit au paragraphe 3, la relation importante entre les trois objets bois, bande en herbe, et céréales, est la relation 'isole' entre l'herbe (isolant) d'une part, les céréales et le bois (isolés) d'autre part (c'est le sous-graphe qui est dessiné en figure 2). Le choix de cette relation est expliqué par les agronomes de la façon suivante : « la fonction principale de cette zone-là c'est la zone de céréales et ça sert de zone tampon » (**M2**, 7'40). Cette interprétation sera associée au sous-graphe de la figure 2 dans la base de cas du système ROSA. L'objectif du système est bien en effet de comparer des organisations spatiales et des raisons fonctionnelles.

Notons pour finir que la définition des relations est généralement concomitante à l'identification des objets et que ces opérations ne sont pas indépendantes : en particulier, le choix d'une échelle pour définir les objets influe sur les relations représentées dans le graphe. Ainsi, on pourrait aussi considérer que dans le *carré-céréales*, la parcelle de céréales et la bande en herbe forment un tout, qui est bordé par le bois et le ruisseau, et qui est traité de manière différenciée par

l'agriculteur : « mes parcelles de céréales sont en bordure de ruisseau et il y aura de l'humidité et mes parcelles de céréales sont en bordure de bois (...) par contre lui il a rajouté une pratique qui est de mettre quelque chose qui isole » (**M2**, 45'25).

4.2 Catégorisation des sommets-entités

Une fois identifiés les objets présents dans un chorème, il faut définir la liste des attributs et des valeurs qui peuvent être associés aux sommets-entités correspondants⁷. Il s'agit en fait de définir les concepts du domaine qui seront représentés dans la base de connaissances du système ROSA. Pour cela, le système est doté d'une interface que les agronomes pourront manipuler de la façon suivante. Les concepts sont construits pas à pas, en définissant leurs attributs à partir d'un concept de base. Ainsi, les sommets-entités sont, dans un premier temps, caractérisés par leur dimension spatiale :

- le concept **POINT** regroupe les entités correspondant aux bâtiments de l'exploitation, à l'habitation, aux puits, ...
- le concept **LIGNE** regroupe les entités correspondant aux routes, ruisseaux, rivières, ...
- le concept **SURFACE** regroupe les entités correspondant aux champs, prés, bois, ville, ...

Les concepts sont ensuite précisés en choisissant, dans une liste des attributs possibles, l'attribut que l'on veut renseigner et en choisissant de lui affecter une des valeurs proposées. Un nouveau concept est alors créé. Si, dans la liste de valeurs d'un attribut, la valeur désirée pour caractériser un sommet-entité n'existe pas, elle est ajoutée à la base de connaissances qui s'enrichit ainsi. De même, si on ne trouve pas dans la base de connaissances l'attribut que l'on désire pour créer un concept, on ajoute un nouvel attribut et on lui affecte une liste de valeurs possibles. Par exemple, le concept **SURFACE** pourra être spécifié par les attributs suivants : *taille* (valeurs possible : petite, grande, ...), *forme*, *pente*, *occupation*, etc. Ces spécifications progressives permettent de créer une hiérarchie de concepts comme proposé dans [13].

4.3 Catégorisation des sommets-relations

La construction d'une hiérarchie de relations est plus problématique. Nous nous appuyons sur les travaux effectués en matière de représentation spatiale qualitative. Mais si les relations topologiques ont été bien formalisées, pour les relations de distance et d'orientation, nous ne possédons pas de cadre général [19]. Cela est d'autant plus vrai dans le problème qui nous intéresse. Par exemple la notion de proximité est extrêmement variable : une parcelle de céréales est *proche* (des bâtiments de l'exploitation) si elle est à proximité d'autres parcelles que l'agriculteur pourra toutes traiter

7. Ces deux étapes ne sont pas nécessairement séquentielles, elles se recouvrent pour partie.

dans la même journée. En Lorraine, un parc est *proche* s'il est à moins de 1000 m des bâtiments de l'exploitation. Au-delà, il ne sera pas question d'y mettre des vaches laitières et sa distance à l'exploitation importe moins.

La diffi culté tient principalement au fait que les agronomes n'utilisent pas des relations purement spatiales pour décrire les relations entre les objets du chorème, mais des relations qui comportent une part fonctionnelle. Ainsi dans l'exemple traité au paragraphe 3, les relations *sépare* et *isole* sont identiques au plan spatial (elles correspondent à la relation *est-entre*) mais se distinguent au plan fonctionnel et ne peuvent donc être confondues : *sépare* a un contenu négatif (la ville est un obstacle aux déplacements de l'agriculteur, elle divise son exploitation en deux parties) tandis que *isole* a un contenu positif (la bande d'herbe protège la parcelle de céréales des nuisances dues au bois et au ruisseau). Durant la même séance **M1** dira aussi, à propos du village (non représenté sur le chorème de la figure 1) : « ben oui il sépare, mais enfin non il ne sépare pas, il est entre les deux » pour signifier finalement que le village, contrairement à la ville, n'est pas une gêne pour l'agriculteur (**M1**, 1h14'09). Le travail effectué au cours des séances d'acquisition consiste donc aussi à expliciter le contenu *fonctionnel* des relations avant de construire des catégories.

5 Discussion et conclusion

Dans cet article, nous avons présenté un processus d'acquisition de connaissances entre agronomes et informaticiens, dans lequel interviennent des psychologues de la cognition. Ce travail interdisciplinaire est une expérience en cours, sur laquelle les apports et gains de chacun ne sont pas encore clairement établis. Toutefois, les attentes des informaticiens, comme des agronomes, concernent une meilleure compréhension de leur "façon de faire" dans la modélisation commune et, en perspective, une méthode mieux établie. Pour les psychologues, la séance finale est un "terrain" où ils peuvent tester et élaborer leurs propres modèles. Leur hypothèse est que la co-présence des acteurs dans un monde artefactuel, fait de moyens et de supports d'inscriptions, est constitutive de la construction cognitive collaborative.

C'est cette hypothèse qui motive le recours à une méthodologie qui s'écarte du classique entretien avec grille ou de l'analyse de l'activité du sujet envisagé individuellement. En fait il s'agit d'appréhender l'activité conjointe, accomplie par un ensemble de sujets réunis dans une situation de production cognitive. Plutôt que de supposer une responsabilité du seul expert vis-à-vis des connaissances destinée à la base, nous voulons montrer que les connaissances émergent de la confrontation des représentations qu'ont les uns et les autres de l'exploitation. Entre l'agronome élaborateur du chorème initial, l'agronome lecteur de ce chorème et l'informaticien modélisateur, se déroule une histoire cognitive qui donne lieu à une découverte (et une redécouverte!) de la "teneur" du chorème et à l'élaboration du graphe. L'important est que

cette dynamique de production d'idées s'inscrit à la fois dans l'intersubjectivité et dans le rapport au monde artefactuel ; c'est dire que les acteurs sont co-responsables de l'histoire cognitive et que les objets font partie intégrante du processus. Autrement dit, nous nous inscrivons en faux vis-à-vis du solipsisme de la psychologie cognitive et ancrons notre travail dans le domaine de la cognition située et distribuée [7].

Actuellement, le processus d'acquisition et de modélisation de connaissances se poursuit entre agronomes et informaticiens tandis que les psychologues effectuent une analyse fine (comme présentée au paragraphe 3) de parties du corpus. Des réunions sont prévues où les points de vue des uns et des autres seront confrontés.

Au terme du travail, la formalisation des chorèmes en graphes donne deux principaux résultats quant au système de RàpC à construire :

- une base de connaissances qui liste et décrit les catégories de sommets-entités et de sommets-relations avec leurs attributs ;
- une base de cas qui regroupe les informations sur chacun des chorèmes étudiés : à la fois les graphes et les interprétations fonctionnelles qui leur sont associées.

Le module de raisonnement à construire s'appuiera sur la base de connaissances pour évaluer des similarités entre des graphes représentant des structures spatiales. On utilisera pour cela les outils de classification propres aux logiques de descriptions. Ensuite, il faudra définir comment on peut adapter l'interprétation fonctionnelle d'une structure à une autre structure similaire.

De façon plus large, le résultat attendu de ce type de mise en situation touche aussi à une réflexion des chercheurs sur leurs propres pratiques : élaboration de chorème pour les uns, conception de graphe pour les autres, interrogation de leur modèle des processus cognitifs pour les derniers. L'ensemble nous invite fortement à arguer du fait qu'il s'agit d'une situation d'ingénierie des connaissances : il s'agit de manipuler et de mobiliser des représentations du monde en usant, en utilisant et en construisant des formes sémiotiques de plusieurs types. Ces formes auront à s'intégrer dans un système à bases de connaissances selon un mode que nous ne prétendons pas ici avoir parfaitement spécifié mais dont nous affirmons l'originalité vis-à-vis des formes plus standards d'acquisition de connaissances. Le caractère éminemment situé et distribué du processus cognitif conjoint conduit en effet à une réelle construction collaborative de connaissances dont la pertinence nous paraît intéressante.

Remerciements

Nous remercions Marc Benoît, Mathieu Capitaine, Sylvie Lardon et Pierre-Louis Osty (INRA SAD) pour leur collaboration à ce projet.

Références

- [1] G. Booch, J. Rumbaugh et I. Jacobson. Unified Modeling Language V0.91 Addendum, 1996. Rational Software Corporation.
- [2] C. Brassac et N. Grégori. Co-construction de sens en situation de conception d'un outil didactique. *Studia Romanica Posnaniensia*, (25/26):55–66, 2000.
- [3] C. Brassac et N. Grégori. Situated and Distributed Design of a Computer Teaching Device. *Journal of Design Sciences and Technology*, 8(2):11–31, 2000.
- [4] R. Brunet. La carte-modèle et les chorèmes. *Mappe-monde*, 1986.
- [5] M. Capitaine, S. Lardon, F. Le Ber et J.-L. Metzger. Chorèmes et graphes pour modéliser les interactions entre organisation spatiale et fonctionnement des exploitations agricoles. In *Géomatique et espace rural. Journées CASSINI 2001, Montpellier*, pages 145–163. SIGMA, septembre 2001.
- [6] M. Chein et M.-L. Mugnier. Conceptual graphs: Fundamental notions. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 6(4):365–406, 1992.
- [7] B. Conein et E. Jacopin. Les objets dans l'espace. La planification dans l'action. *Raisons Pratiques*, 4:59–84, 1993. Éditions de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales.
- [8] K. M. Ford, J. M. Bradshaw, J. R. Adams-Webber et N. M. Agnew. Knowledge Acquisition as a Constructive Modeling Activity. *International Journal of Intelligent Systems*, 8:9–32, 1993.
- [9] S. Grosjean, P. Fixmer et C. Brassac. Those psychological tools inside the design process. *Knowledge-Based Systems*, (13):3–9, 2000.
- [10] S. Lardon, C. Capitaine et M. Benoît. Les modèles graphiques pour représenter l'organisation spatiale des activités agricoles. In *Représentations graphiques dans les systèmes complexes naturels et artificiels. Journées de Rochebrune*, pages 127–150. ENST, janvier-février 2000.
- [11] F. Le Ber, L. Mangelinck et A. Napoli. Représentation de relations et classification de structures spatiales. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 13(2):441–467, 1999.
- [12] D. B. Leake, éditeur. *Case-Based Reasoning. Experiences, Lessons, & Future Directions*. AAAI Press / The MIT Press, 1996.
- [13] M. Leclère. C-CHiC: Construction coopérative de hiérarchies de catégories. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 10(1):57–100, 1996.
- [14] J. Lieber. Raisonnement à partir de cas et classification hiérarchique. Application à la planification de synthèse en chimie organique. Thèse de l'Université Henri Poincaré Nancy 1, octobre 1997.
- [15] J.-L. Metzger. Acquisition, modélisation et représentation de connaissances pour le raisonnement à partir de cas. Application à l'étude d'organisations spatiales agricoles. Mémoire de DEA Informatique de l'Université Henri Poincaré Nancy 1, juillet 2000.
- [16] J.-L. Metzger, F. Le Ber et A. Napoli. Using DL for a Case-Based Explanation System. In *Proceedings of the Int. Workshop DL 2002, Toulouse*, pages 203–210, avril 2002.
- [17] A. Napoli, F. Le Ber et K. Bognar. Une proposition pour la représentation de structures dans un système de représentation de connaissances par objets. In *IC'2000, Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances, Toulouse*, pages 145–152. AFIA, ERSS, IRIT, GRACQ, mai 2000.
- [18] J.F. Sowa. *Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine*. Addison Wesley, 1984.
- [19] L. Vieu. Spatial Representation and Reasoning in Artificial Intelligence. In O. Stock, éditeur, *Spatial and Temporal Reasoning*, pages 5–42. Kluwer Academic Publishers, 1997.

étapes	moments (minute)	acteurs	modalités activées	tâches réalisées	termes utilisés
1	7ème	M1 et M2	orale	reconception	bordure séparé tampon
2	18ème	M1 et M2	orale scripturale	reconception	tampon
3	30ème	I1	scripturale	conception	borde sépare
4	43ème	I1 et M2	orale scripturale	conception	isole sépare tamponne protège

TAB. 1 – *Déroulement global de la négociation.*

I1,1 mais sur la notion de sépare c'est pareil moi j'ai un un autre problème c'est qu'ici cette zone-là pour moi sépare bien (.) cette surface-là de la rivière ou sur// sépare cette surface [*pointages sur le chorème*]

M2,1 ouais

I1,2 ou i// alors c'est peut-être pas elle sépare c'est peut être isole

M2,2 ouais faut faut trouver un un autre

I1,3 isole [*biffe 'sépare' aux deux endroits*]

M2,3 un autre terme

I1,4 parce que c'est pas le même (.) peut être isole

M2,4 oui oui là [*pointage sur la partie grise*] c'est l'idée d'obstacle alors que là [*pointage sur le carré-céréales*] c'est bien l'idée de euh ben y'a une contrainte quand même je présume que la bordure du ruisseau c'est plus humide et cætera

I1,5 ben voilà

M2,5 et donc c'est mais c'est au travers d'une d'une pratique de mise en herbe qu'il qui résout son problème alors que là [*pointage sur partie grise*] euh ça sera faut faire attention avec son tracteur quand il traverse la ville y aller le moins souvent possible euh enfin et donc il faut trouver un autre terme

I1,6 isole ça peut être une idée ça peut (1s)

M2,6 je sais pas quel terme il faut utiliser [*rire*]

I1,7 [*biffe à nouveau 'sépare' aux deux endroits*] et sépare c'est vrai que c'est pas le même sépare que là donc il faut essayer d'avoir deux mots différents

M2,7 oui c'est bien les les notions de de zone tampon hein tamponne

I1,8 tamponne

M2,8 oui ben

M1,1 hum

I1,9 isole tamponne [*écrit 'isole(tampon)' aux deux endroits*] (17s) oui elle fait ouais elle protège en fait elle protège euh S12 protège la zone S13 (inaudible) céréales (.) et d'ailleurs moi dans l'idée de ce que l'on fait ...

TAB. 2 – *Extrait du corpus de 42'55 à 44'36.*